

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 51 141 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 25 J 3/02

②① Aktenzeichen: 100 51 141.4
②② Anmeldetag: 16. 10. 2000
④③ Offenlegungstag: 19. 4. 2001

③⑩ Unionspriorität:

9912954 18. 10. 1999 FR

⑦① Anmelder:

L'Air Liquide, S.A. pour l'Etude et l'Exploitation des
Procédés Georges Claude, Paris, FR

⑦④ Vertreter:

Prietsch, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 80687 München

⑦② Erfinder:

Guillard, Alain, Paris, FR; Saulnier, Bernard,
Colombes, FR; Bracque, Gilles, Saint Leu
d'Esserent, FR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Coldbox für eine Luftdestillationsanlage und Herstellungsverfahren hierfür

DE 100 51 141 A 1

DE 100 51 141 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Coldbox, die folgende Elemente umfasst:

- 5 – eine Tieftemperaturanordnung, umfassend n Kryo-Hauptelement(e) und einige Kryo-Zusatzelemente, wobei jedes Kryo-Hauptelement ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Kryo-Säulen, Abschnitten solcher Säulen, Wärmeaustauschern und übereinander angeordneten Kombinationen derselben;
- einen Außenmantel, der die Tieftemperaturanordnung in einem Abstand umgibt;
- 10 – mindestens einen Wärmeisolator, der zwischen der Tieftemperaturanordnung und dem Außenmantel eingefüllt ist;
- ein Hauptteil, welches das oder die Kryo-Element(e) oder den größten Teil derselben in einem Abstand global umgibt; und
- mindestens ein lokalisiertes Zusatzteil, das seitlich aus dem Hauptteil nach außen vorspringt und mindestens ein vorstehendes Kryo-Zusatzelement in einem Abstand umgibt.

15 Die Erfindung ist beispielsweise auf Luftdestillationsanlagen anwendbar.

Solche Anlagen umfassen Destillationssäulen, die bei sehr tiefen Temperaturen funktionieren. Um den Wärmeaustausch mit der Umgebung zu beschränken, wird die von einer solchen Säule und den zugehörigen Ausrüstungsgegenständen gebildete Tieftemperaturanordnung mit einem Wärmeisolator umgeben, wie beispielsweise Perlit oder Glaswolle oder Steinwolle. Dieser Wärmeisolator wird von einem Außenmantel oder einer Verkleidung in Position gehalten, welche die Tieftemperaturanordnung in einem Abstand umgibt und ihrerseits von einem inneren oder äußeren Rahmen gehalten wird. Die auf diese Art gebildete Anordnung ist allgemein als Coldbox bekannt.

Die Außenabmessungen einer Coldbox sind von jenen der darin enthaltenen Tieftemperaturanordnung und von der Mindestdicke des für eine zufriedenstellende Wärmeisolierung benötigten Isolators abhängig.

- 25 Die Außenabmessungen einer Coldbox haben einen direkten Einfluss auf dessen Gesamtherstellungskosten, beispielsweise aufgrund der Menge des verwendeten Wärmeisolators, der Oberfläche des Außenmantels, der Größe der zur Fixierung des Außenmantels benötigten Rahmenaufbauten und auch weil die Abmessungen zu groß für einen Transport der vorgefertigten Coldbox zum Aufstellungsort sein könnten.

Es ist aber wünschenswert, einen möglichst großen Anteil der Konstruktionsarbeiten für eine Coldbox in der Werkstätte, also vor dem Transport an den Aufstellungsort, auszuführen, da dies eine bessere Einhaltung der Fertigungstermine, die Erfüllung der Qualitätserfordernisse und eine Reduzierung der für Installationsarbeiten am Aufstellungsort anfallenden Kosten ermöglicht, zumal etwa am Aufstellungsort schwierige klimatische Bedingungen herrschen können.

Ein Ziel der Erfindung ist es deshalb, dieses Problem mittels einer Coldbox des oben beschriebenen Typs zu lösen, deren Abmessungen klein sind.

- 35 Zu diesem Zweck ist das Ziel der Erfindung eine Coldbox des oben erwähnten Typs, dadurch gekennzeichnet, dass jedes vorstehende Kryo-Zusatzelement ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Separatortöpfen, Sammelbehältern, Verbindungsrohren, Teilen solcher Verrohrungen und aus Vorrichtungen zur Überwachung und Steuerung des Betriebs der Tieftemperaturanordnung.

Nach bestimmten Ausführungsbeispielen kann die Coldbox eines der beiden folgenden Merkmale aufweisen, und zwar entweder alleine oder in jeder technisch durchführbaren Kombination:

- Jedes Kryo-Hauptelement ist ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Destillations- und/oder Mischsäulen, Abschnitten solcher Säulen, Wärmeaustauschern und übereinander angeordneten Kombinationen derselben;
- 45 – Jeder Wärmeisolator wird im wesentlichen atmosphärischem Druck ausgesetzt, und das Hauptteil des Außenmantels ist so dimensioniert, dass sich, wenn jedes Kryo-Hauptelement mit Internet, mit $i = 1, \dots, n$, bezeichnet wird, vier Winkelsektoren ergeben ($S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{21}, S_{22}, S_{23}, S_{24}$), die komplementär und ungefähr gleich und entlang der Längsachse (A) des betreffenden Elements zentriert sind, und die so beschaffen sind, dass wenn die Mindestquerdistanz zwischen dem betreffenden Element einerseits und dem Außenmantel andererseits jeweils mit d_{ij} bezeichnet ist, mit $j = 1, \dots, 4$ für die vier betreffenden Sektoren, und wenn das/die anderen Kryo-Hauptelement(e) neben dem betreffenden Element angeordnet sind, dann gilt

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2.7 \times n \quad (\text{in Metern})$$

- 55 – das Hauptteil des Außenmantels ist so dimensioniert, dass

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2.5 \times n \quad (\text{in Metern})$$

- 60 – das Hauptteil des Außenmantels ist so dimensioniert, dass

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2.3 \times n \quad (\text{in Metern})$$

- 65 – das Hauptteil des Außenmantels ist so dimensioniert, dass

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2 \times n \quad (\text{in Metern})$$

– das Hauptteil des Außenmantels ist so dimensioniert, dass

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 1.7 \times n \quad (\text{in Metern})$$

- mindestens ein Wärmeisolator ist Perlit,
- mindestens ein Kryo-Hauptelement weist eine Querdimension von mehr als 0,4 m auf,
- das Kryo-Hauptelement weist eine Querdimension von mehr als 1 m auf.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist eine Luftdestillationsanlage, die dadurch gekennzeichnet ist, dass sie eine Coldbox wie oben definiert umfasst.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zur Vor-Ort-Herstellung einer Coldbox wie oben definiert, dadurch gekennzeichnet, dass:

- die Coldbox in Form eines Pakets vorgefertigt ist, in dem mehr oder weniger die gesamte Tieftemperaturanordnung und das Hauptteil des Außenmantels enthalten sind und einige Zusatzteile derselben zumindest teilweise fehlen;
- das Paket transportiert wird;
- die Tieftemperaturanordnung nach Bedarf fertiggestellt wird;
- der Außenmantel mit den zumindest teilweise fehlenden Zusatzteilen fertiggestellt wird; und
- jeder Wärmeisolator zwischen dem Außenmantel und der Tieftemperaturanordnung eingefüllt wird.

Gemäß einer Alternativausführung wird der Außenmantel vor dem Transport des Pakets mit Abdeckplatten an den Stellen der zumindest teilweise fehlenden Zusatzteile versehen, und diese Abdeckplatten werden nach dem Transport und vor der Fertigstellung des Außenmantels unter Verwendung der zumindest teilweise fehlenden Zusatzteile entfernt.

Die Erfindung wird nach Lektüre der folgenden Beschreibung besser verstanden, die nur beispielhaften Charakter hat und auf die begleitenden Zeichnungen Bezug nimmt:

Fig. 1 ist eine schematische Seitenansicht einer Coldbox gemäß der Erfindung;

Fig. 2 ist eine schematische Ansicht als Querschnitt auf der Linie II-II der **Fig. 1**; und

Fig. 3 und **4** sind Ansichten ähnlich der **Fig. 2**, in denen andere Coldboxes gemäß der Erfindung dargestellt sind.

Es ist zu beachten, dass aus Gründen größerer Klarheit die relativen Dimensionen der unterschiedlichen Elemente in **Fig. 1** bis **4** nicht eingehalten wurden.

Fig. 1 stellt eine Coldbox **1** dar, die einen Teil einer Luftdestillationsanlage bildet. Die Coldbox **1** ist vertikal am Standort der Luftdestillationsanlage angeordnet.

Diese Coldbox **1** umfasst eine innere Tieftemperaturanordnung **2**, einen Außenmantel **3** (unterbrochene Linie in **Fig. 1**) und einen Wärmeisolator **4**, beispielsweise Perlit, der zwischen der Anordnung **2** und dem Mantel **3** eingefüllt und im wesentlichen atmosphärischem Druck ausgesetzt ist. Nur ein Teil des Wärmeisolators **4** ist in den Figuren abgebildet. In der Praxis füllt dieser den Raum zwischen der Anordnung **2** und dem Außenmantel **3** praktisch vollständig auf. In alternativen Ausführungen können mehrere Wärmeisolatoren **4** gleichzeitig verwendet werden.

Die Coldbox **1** umfasst in der konventionellen Form auch einen Rahmen außerhalb des Mantels, um diesen zu halten. Dieser Rahmen wurde in den Figuren nicht dargestellt, um diese nicht zu überfrachten.

Die Tieftemperaturanordnung **2** ist eine konventionelle Anordnung, die ein Kryo-Hauptelement **6** und einige Kryo-Zusatzelemente umfasst.

Das Kryo-Hauptelement **6** ist eine Doppel-Luftdestillationssäule, die ihrerseits in der konventionellen Ausführung eine Mitteldrucksäule **7**, eine Niedrigdrucksäule **8** und einen Verdampfer-Kondensator **9** für den Austausch von Wärme zwischen dem Stickstoff von der Spitze der Mitteldrucksäule **7** und dem Sauerstoff vom Boden der Niedrigdrucksäule **8** umfasst.

Von den Kryo-Zusatzelementen wurden nur die folgenden dargestellt, um die Figuren nicht zu überfrachten:

- eine Röhre **12** zur Zuführung von Luft, die destilliert werden soll und dazu vorher durch eine nicht dargestellte Wärmeaustauscher-Hauptleitung komprimiert, gereinigt und gekühlt werden soll;
- eine Röhre **13** zum Ableiten von gasförmigem Sauerstoff vom Boden der Niedrigdrucksäule **8**, welcher gasförmige Sauerstoff in der Wärmeaustauscher-Hauptleitung erwärmt werden soll;
- eine Röhre **14**, die mit einem Expansionsventil zur Rückführung der "schlanken Flüssigkeit" LF (fast reiner Stickstoff) von der Spitze der Mitteldrucksäule **7** zur Spitze der Niedrigdrucksäule **8** ausgestattet ist;
- eine Röhre **15**, die ebenfalls mit einem Expansionsventil ausgestattet ist, das zum Ableiten der "reichen Flüssigkeit" LR (sauerstoffangereicherte Luft) vom Boden der Mitteldrucksäule **7** vorgesehen ist;
- einen Separatortopf **16** zum Trennen der "reichen Flüssigkeit" in einen Flüssigkeitsstrom und einen Gasstrom und zur getrennten Rückführung dieser beiden Ströme auf mittlere Höhe der Niedrigdrucksäule **8**; und
- eine Röhre **18** zum Entfernen des von der Spitze der Niedrigdrucksäule **8** abgezogenen unreinen oder "restlichen" Stickstoffs NR, um ihn in die Wärmeaustauscher-Hauptleitung zurück zu führen.

Der Separatortopf **16** und der stromabwärtige Abschnitt **19** der damit verbundenen Röhre **15** bilden einen lokalen, seit-

lichen Vorsprung der Tieftemperaturanordnung 2 bezüglich der Doppelsäule 6.

Wie in Fig. 1 und 2 illustriert, umfasst der Außenmantel 3 ein Hauptteil 20 und ein Zusatzteil 21.

Das Hauptteil 20 hat eine zylindrische Form mit einer rechteckigen Basis und einer vertikalen Achse, die mit der Achse A der Doppelsäule 6 zusammenfällt. Das Hauptteil 20 umgibt die Doppelsäule 6 auf eine Weise, dass die vier Seitenflächen des Hauptteils 20 in den Abständen d_{11} , d_{12} , d_{13} und d_{14} von der Doppelsäule 6 angebracht sind, wobei diese Distanzen etwa einem halben Meter entsprechen.

Diese Abstände d_{11} , d_{12} , d_{13} und d_{14} entsprechen den Mindestquerdistanzen zwischen der Doppelsäule 6 und dem Hauptteil 20 des Außenmantels 3 für die vier Winkelsektoren S_{11} , S_{12} , S_{13} und S_{14} , die komplementär, ungefähr gleich und auf der Achse A zentriert sind. Diese Sektoren entsprechen deshalb jeweils einem Winkel von etwa 90° .

Es gilt deshalb annähernd d_{11} , d_{12} , d_{13} und $d_{14} = 2$ m.

Nach einer Alternativvariante sind d_{11} , d_{12} , d_{13} und d_{14} gleich etwa 0,4 Meter, woraus sich eine Summe von etwa 1,6 m ergibt.

Außerdem umgibt das Hauptteil 20 des Außenmantels 3 die Röhren 14, 15 und 18 über einen Großteil von deren Längen in einem Abstand, der groß genug ist, um diese zufriedenstellend thermisch zu isolieren. Diese Isolierdistanz ist in der Tat von der Kapazität und der Art der Tieftemperaturanordnung 2 abhängig, die insbesondere die Abmessungen der Röhren 14, 15 und 18 beeinflussen. Im Falle einer Doppeldestillationssäule mit einem Durchmesser von etwa 2 m kann dieser Abstand deshalb etwa 300 mm betragen.

Das Zusatzteil 21 des Außenmantels 3 ist ein lokaler, parallelepipedförmiger Vorsprung an einer Seitenfläche des Hauptteils 20 gegenüber dem Separatortopf 16. Dieser lokale Vorsprung, der vom Hauptteil 20 seitlich nach außen ragt, umgibt den Separatortopf 16 und den stromabwärtigen Abschnitt 19 der Röhre 15 in ausreichenden Abständen, um diese zufriedenstellend thermisch zu isolieren. Wie zuvor, sind auch hier die Isolationsdistanzen von der von der Tieftemperaturanordnung 2 angewendeten Methode abhängig.

Beispielsweise kann die Isolationsdistanz für den Separatortopf 16 bei etwa 0,5 m liegen, und die Isolationsdistanz für den Abschnitt 19 kann bei etwa 300 mm liegen. Die Abmessungen des äußeren Mantels 3 sind deshalb so beschaffen, dass die Tieftemperaturanordnung 2 von einer ausreichend dicken Schicht von Perlit 4 umgeben wird, um einen zufriedenstellenden Betrieb der Anordnung zu gewährleisten.

Zusätzlich sind die Außenabmessungen des Mantels 3 kleiner im Vergleich mit jenen eines konventionellen parallelepipedförmigen Außenmantels, der für eine Globalumfassung der gesamten Tieftemperaturanordnung 2 dimensioniert ist, wie mittels der Punktklinie in Fig. 1 dargestellt. Dies liegt daran, dass in diesem Fall die Coldbox vollständig so dimensioniert worden wäre, dass eine zufriedenstellende Wärmeisolierung für die vorspringenden Kryo-Zusatzelemente 16 und 19 geboten ist. Im Unterschied dazu sind bei der Coldbox 1 gemäß der Erfindung die größten Seitendimensionen der Coldbox nur im Bereich des Zusatzteils 21 des Außenmantels 3 gegeben, wobei das Hauptteil 20 ohne Berücksichtigung der für den Separatortopf 16 und den Abschnitt 19 der Röhre 15 benötigten Dicke der Wärmeisolierung 4 dimensioniert wurde.

Die Coldbox 1 weist deshalb beschränkte Außendimensionen bei geringeren Herstellungskosten auf.

Es ist zu beachten, dass in Fig. 1 und 2 das Zusatzteil 21 übertrieben groß im Vergleich zum Hauptteil 20 dargestellt wurde. In der Realität hat dieses Zusatzteil 21 beispielsweise ein Volumen zwischen 1 und 10 m^3 , wohingegen das Hauptteil 20 beispielsweise ein Volumen von 25 bis 400 m^3 aufweist. Beispielsweise ist die Höhe eines Zusatzteils 21, dargestellt mit vertikal installierter Coldbox 1 vor Ort, weniger als 7 m. Die Dicke eines Zusatzteils 21 beträgt in der Regel mehr als 100 mm oder vorzugsweise 300 mm.

Dazu kommt, dass die Zahl der Zusatzteile 21 je nach Tieftemperaturanordnung 2 variiert und mehrere Dutzend erreichen kann.

Im allgemeinen werden die Kryo-Zusatzelemente, die von den Hilfstteilen 21 umgeben werden sollen, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Separatortöpfen, Sammelbehältern, Verbindungsröhren, Abschnitten solcher Verrohrungen und Vorrichtungen zur Überwachung und Steuerung des Betriebs der Tieftemperaturanordnung.

Die Sammelbehälter, welche vorspringende Kryo-Zusatzelemente konstituieren, können unterschiedliche Kapazitäten haben, beispielsweise Kapazitäten zwischen 3 und 25 m^3 .

Die Höhen dieser Kryo-Zusatzelemente, bei vertikaler Installation der Coldbox 1 vor Ort betrachtet, betragen insbesondere weniger als etwa 6 m.

In einigen Alternativformen, die nicht dargestellt wurden, kann sich ein Zusatzteil 21 des Mantels 3 mehr oder weniger über die gesamte Höhe der Coldbox 1 oder über deren gesamten Außenumfang erstrecken.

Im letzteren Fall kann das Zusatzteil 21 am unteren Ende der Coldbox 1 angebracht sein, das deshalb mit einer verbreiterten Basis versehen ist. Die Basis und der Rest der Coldbox 1 können dann in der Werkstätte in Form von zwei Paketen vorgefertigt werden, die vor Ort transportiert und dort zusammengestellt werden.

Fig. 3 stellt eine weitere Coldbox 1 gemäß der Erfindung dar, in der die Tieftemperaturanordnung 2 zwei Kryo-Hauptelemente 24 und 25 umfasst, die nebeneinander angeordnet sind und die beispielsweise Abschnitte einer Doppel-Destillationssäule sein können. Deshalb kann der Abschnitt 24 eine Mitteldrucksäule sein, über der ein Verdampfer-Kondensator montiert ist, und der Abschnitt 25 kann eine Niederdrucksäule sein.

Die Tieftemperaturanordnung 2 enthält auch Kryo-Zusatzelemente, von denen nur drei vorspringende Elemente dargestellt sind, welche das Bezugszeichen 26 haben. Das Hauptteil 20 des Außenmantels 3 weist eine vertikal zylindrische Form auf einer rechteckigen Basis auf, welche die Kryo-Hauptelemente 24 und 25 global umgibt. Im Fall des ersten Kryo-Elements 24 sind die Mindestabstände zwischen diesem Element 24 und den drei benachbarten Seitenflächen des Hauptteils 20 des Außenmantels 3 und dem zweiten Kryo-Hauptelement 25 mit d_{11} , d_{12} , d_{13} und d_{14} bezeichnet.

Diese Distanzen d_{11} , d_{12} , d_{13} und d_{14} entsprechen den Mindestquerdistanzen zwischen dem Kryo-Hauptelement 24 und dem Hauptteil 20 des Außenmantels 3 oder dem anderen Kryo-Hauptelement 25 für die vier Winkelsektoren S_{11} , S_{12} , S_{13} und S_{14} , die komplementär, ungefähr gleich und auf der Vertikalachse A des Elements 24 zentriert sind. Diese Sektoren entsprechen deshalb jeweils einem Winkel von etwa 90° .

Im Fall des zweiten Kryo-Elements 25 sind die Abstände zwischen diesem Element 25 und den drei benachbarten Sei-

tenflächen des Hauptteils **20** und dem anderen Kryo-Hauptelement **24** mit d_{21} , d_{22} , d_{23} und d_{24} bezeichnet.

Diese Distanzen d_{21} , d_{22} , d_{23} und d_{24} entsprechen den Mindestquerdistanzen zwischen dem Kryo-Hauptelement **25** und dem Hauptteil **20** des Außenmantels **3** oder dem anderen Kryo-Hauptelement **24** für die vier Winkelsektoren S_{21} , S_{22} , S_{23} und S_{24} , die komplementär, ungefähr gleich und auf der Vertikalachse A des Elements **25** zentriert sind. Diese Sektoren entsprechen deshalb jeweils einem Winkel von etwa 90° .

Die Distanzen d_{11} , d_{12} , d_{13} , d_{14} , d_{21} , d_{22} , d_{23} und d_{24} entsprechen etwa einem halben Meter. Die Summe dieser Distanzen ergibt demnach annähernd 4 Meter.

Der Außenmantel **3** umfasst drei Zusatzeile **21**, deren jedes ein Kryo-Zusatzelement **26** umgibt, das in Relation zu den Kryo-Hauptelementen **24** und **25** vorspringt, um eine zufriedenstellende Wärmeisolierung dieser Elemente **26** zu gewährleisten. Auf ähnliche Weise wie im Szenario der Fig. 1 ermöglicht die Verwendung der lokalen Vorsprünge **21**, die auf einem die Kryo-Hauptelemente **24** und **25** global umgebenden Hauptteil **20** vorgesehen sind, die Beschränkung der Außenabmessungen der Coldbox **1**, und gleichzeitig wird eine zufriedenstellende Wärmeisolierung der gesamten Tief- 10 temperaturanordnung **2** gesichert.

Allgemeiner gesprochen, kann dieses Prinzip für Coldboxes verwendet werden, die n Kryo-Hauptelement(e) umfassen, mit $n \geq 1$. Die Kryo-Hauptelemente sind ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Destillations- und/oder Mischsäulen, Abschnitten solcher Säulen, Wärmeaustauschern und übereinander angeordneten Kombinationen derselben. 15

So kann das Hauptteil **20** einer Coldbox **1** so dimensioniert werden, dass es eine Doppel-Luftdestillationssäule und die Hauptwärmeaustauscherleitung, welche die zu destillierende Luft kühlt, global umgibt.

Vorteilhafterweise ist das Hauptteil **20** des Außenmantels **3** so dimensioniert, dass sich, wenn jedes Kryo-Hauptelement mit i bezeichnet ist, mit $i = 1, \dots, n$, vier Winkelsektoren ergeben, die komplementär, ungefähr gleich und auf der Längsachse des betreffenden Elements zentriert sind und die so beschaffen sind, dass wenn die Mindestquerdistanz zwischen dem betreffenden Element einerseits und dem Außenmantel andererseits jeweils mit d_{ij} bezeichnet ist, mit $j = 1, \dots, 4$ für die vier betreffenden Sektoren, und wenn das/die anderen Kryo-Hauptelement(e) neben dem betreffenden Element angeordnet sind, dann gilt 20

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2.7 \times n \quad (\text{in Metern}) \quad 25$$

Es stellt sich heraus, dass die erhaltene Coldbox sehr kompakt ist und dem Kryo-Hauptelement eine gute Wärmeisolierung gegenüber der Außenseite verschafft. Vorteilhafter und unter Verwendung der selben Bezeichnungen wie oben, gilt 30

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2.5 \times n \quad (\text{in Metern}) \quad 35$$

Vorzugsweise und unter Anwendung der selben Bezeichnungen wie oben, gilt

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2.3 \times n \quad (\text{in Metern}) \quad 40$$

Noch vorteilhafter:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2 \times n \quad (\text{in Metern}) \quad 45$$

Die besten Ergebnisse werden schließlich gewonnen, wenn unter Anwendung der oben verwendeten Bezeichnungen gilt: 50

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 1.7 \times n \quad (\text{in Metern})$$

In den Beispielen der Fig. 1 bis 3 ist der den Außenmantel **3** stützende Rahmen an der Außenseite dieses Mantels angeordnet. Wenn Elemente dieses Rahmens innerhalb des Außenmantels **3** angeordnet sind, werden diese Elemente als Teil des Außenmantels betrachtet, was bedeutet, dass die Mindestabstände d_{ij} möglicherweise zwischen solchen Elementen und dem Kryo-Hauptelement i gemessen werden. 55

Wenn des weiteren das Hauptteil **20** des Außenmantels **3** einen nicht-konstanten Querschnitt hat, werden die Distanzen d_{ij} in dem Querschnitt gemessen, der die Berücksichtigung der oben genannten Abmessungsbeschränkungen ermöglicht. 60

Die Coldbox **1** in Fig. 4 illustriert, wie die vier Sektoren und die entsprechenden Distanzen d_{ij} gewählt werden, wenn die Achsen A der Kryo-Hauptelemente nicht in einer Ebene enthalten sind, die parallel zu einer der Flächen des Hauptteils **20** des Außenmantels **3** ist.

Es ist auch festzustellen, dass im Sinne einer Anwendung der oben genannten mathematischen Formeln die zu berücksichtigenden Kryo-Hauptelemente nur die nebeneinander angeordneten Kryo-Hauptelemente sind. 65

Wenn demnach zwei oder mehr Kryo-Hauptelemente übereinander angeordnet, also einander überlagert sind, wie dies in Fig. 1 und 2 der Fall ist, werden diese Kryo-Hauptelemente einem einzelnen Kryo-Hauptelement gleichgestellt.

Natürlich gilt das oben ausgeführte Prinzip für Außenmäntel 3, deren Hauptteil 20 eine zylindrische Form auf einer nicht-rechteckigen und nicht-quadratischen Basis aufweist, beispielsweise auf einer kreisförmigen Basis.

Die oben genannten Abmessungsbeschränkungen gelten insbesondere für die Kryo-Hauptelemente mit Querdimensionen, beispielsweise Durchmesser, von mehr als 1 m, vorzugsweise von mehr als 0,4 m.

5 Ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung von Coldboxes nach der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben.

Zunächst wird die Coldbox 1 in der Werkstätte in Form eines Pakets vorgefertigt, welches die Tieftemperaturanordnung 2, das Hauptteil 20 des Außenmantels 3 und den dieses Teil haltenden Rahmen umfasst.

10 Nur ein Zusatzteil 21 (in Fig. 4 oben) des Außenmantels 3 wird teilweise gefertigt, die anderen Teile werden nicht gefertigt.

Die Abdeckplatten 30 (in Punktlinie) werden an Stelle der fehlenden Zusatzteile 21 und an Stelle des fehlenden Bereichs des teilweise gefertigten Teils 21 angebracht. Im Fall der fehlenden Zusatzteile 21 erstrecken sich diese Platten 30 über die entsprechenden Seitenflächen des Hauptteils 20 des Außenmantels 3 und können beispielsweise integriert in diese Seitenflächen gebildet oder so angebracht sein, dass sie Ausschnitte abdecken, die in diesen Seitenflächen an den Stellen der zukünftigen Zusatzteile 21 gebildet sind.

15 Die Platte 30 für das teilweise gebildete Zusatzteil 21 ist flach und drückt gegen den von diesem Teil 21 gebildeten Bereich, während die anderen Platten 30 Formen haben, die nach den vorspringenden Bereichen der entsprechenden überstehenden Kryo-Zusatzelemente 26 maßgeschneidert sind.

Das auf diese Weise produzierte Paket wird dann zum Aufstellungsort transportiert. Während des Transports wird die Innenseite der Coldbox 1 von den Platten 30 geschützt.

Die Herstellung der Coldbox 1 wird dann am Aufstellungsort abgeschlossen, indem die Platten 30 entfernt, die fehlenden Zusatzteile 21 angebracht und das teilweise ausgeführte Zusatzteil 21 fertiggestellt und der Wärmeisolator 4 in den Außenmantel 3 gefüllt wird.

Das vorgefertigte Paket weist deshalb kleinere Querdimensionen auf als diejenigen der fertigen Coldbox 1.

25 Mit diesem Verfahren können bei bestimmten Transportnormbreiten Coldboxes mit Tieftemperaturanordnungen mit größerer Kapazität vorgefertigt werden als dies bei Verfahren der Fall war, bei denen das vorgefertigte Paket die gleichen Dimensionen wie die fertige Coldbox aufwies.

Aus diesem Grund können mit dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren eine größere Bandbreite von Coldboxes in Form transportierbarer Pakete gefertigt werden, wodurch sich die Herstellungskosten dieser Coldboxes reduzieren.

30 Wenn die überstehenden Kryo-Elemente 26 leicht aus dem Hauptteil 20 des Außenmantels 3 vorragen, weisen die Abdeckplatten 30 eine Gesamtform mit einem entsprechend konkaven Profil auf, wie in Fig. 4 dargestellt.

In einer Alternativausführung kann das vorgefertigte Paket nahe an den Aufstellungsort der Coldbox heran transportiert werden, wo die Herstellung dieser Coldbox abgeschlossen wird. Die dermaßen gefertigte Coldbox wird in diesem Fall so nahe wie möglich an den tatsächlichen Aufstellungsort herangebracht.

Nach einer weiteren (nicht dargestellten) Alternativausführung, können die Zusatzteile 21 an dem vorgefertigten Paket auch nur teilweise fehlen.

Die hier beschriebenen Prinzipien können natürlich angewendet werden, um Coldboxes zu fertigen, die Tieftemperaturanordnungen enthalten, welche jede beliebige Art von Tieftemperaturverfahren anwenden, insbesondere ein Verfahren zum Destillieren von Luft oder eines Gases aus der Luft, und allgemeiner ein Verfahren zur Behandlung eines Gases, das im Tieftemperaturverfahren destilliert oder verflüssigt werden kann.

Patentansprüche

45 1. Coldbox (1), umfassend:

– eine Tieftemperaturanordnung (2), umfassend n Kryo-Hauptelement(e) (6; 24, 25) und einige Kryo-Zusatzelemente (12 bis 16, 18, 19; 26), wobei jedes Kryo-Hauptelement ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Kryo-Säulen, Abschnitten solcher Säulen, Wärmeaustauschern und übereinander angeordneten Kombinationen derselben;

50 – einen Außenmantel (3), der die Tieftemperaturanordnung in einem Abstand umgibt;

– mindestens einen Wärmeisolator (4), der zwischen der Tieftemperaturanordnung und dem Außenmantel eingefüllt ist, wobei der Außenmantel umfasst:

– ein Hauptteil (20), welches das oder die Kryo-Element(e) oder den größten Teil derselben in einem Abstand global umgibt; und

55 – mindestens ein lokalisiertes Zusatzteil (21), das seitlich aus dem Hauptteil nach außen vorspringt und mindestens ein vorstehendes Kryo-Zusatzelement (16, 19; 26) in einem Abstand umgibt.

dadurch gekennzeichnet, dass jedes hervorspringende Kryo-Zusatzelement ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Separatortöpfen, Sammelbehältern, Verbindungsröhren, Abschnitten solcher Verrohrung und Vorrichtungen zur Überwachung und Steuerung des Betriebs der Tieftemperaturanordnung.

60 2. Coldbox nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Kryo-Hauptelement ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Destillations- und/oder Mischsäulen, Abschnitten solcher Säulen, Wärmeaustauschern und übereinander angeordneten Kombinationen derselben.

3. Coldbox nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Wärmeisolator (4) im wesentlichen atmosphärischem Druck ausgesetzt ist und dass das Hauptteil (20) des Außenmantels (3) so dimensioniert ist, dass sich, wenn jedes Kryo-Hauptelement (6; 24, 25) mit i bezeichnet ist, mit $i = 1, \dots, n$, vier Winkelsektoren ($S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{21}, S_{22}, S_{23}, S_{24}$) ergeben, die komplementär und ungefähr gleich und auf der Längsachse (A) des betreffenden Elements zentriert sind und die so beschaffen sind, dass wenn die Mindestquerdistanz zwischen dem betreffenden Element einerseits und dem Außenmantel andererseits jeweils mit d_{ij} bezeichnet ist, mit $j = 1, \dots, 4$ für die

vier betreffenden Sektoren, und wenn das/die anderen Kryo-Hauptelement(e) neben dem betreffenden Element angeordnet sind, dann gilt

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2.7 \times n \quad (\text{in Meter}) \quad 5$$

4. Coldbox nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptteil (20) des Außenmantels so dimensioniert ist, dass

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2.5 \times n \quad (\text{in Meter}) \quad 10$$

5. Coldbox nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptteil (20) des Außenmantels so dimensioniert ist, dass

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2.3 \times n \quad (\text{in Meter}) \quad 15$$

6. Coldbox nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptteil (20) des Außenmantels so dimensioniert ist, dass

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 2 \times n \quad (\text{in Meter}) \quad 20$$

7. Coldbox nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptteil (20) des Außenmantels so dimensioniert ist, dass

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 d_{ij} \leq 1.7 \times n \quad (\text{in Meter}) \quad 25$$

8. Coldbox nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Wärmeisolator (4) Perlit ist.

9. Coldbox nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Kryo-Hauptelement eine Querdimension von mehr als 0,4 m aufweist. 35

10. Coldbox nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Kryo-Hauptelement eine Querdimension von mehr als 1 m aufweist.

11. Luftdestillationsanlage, dadurch gekennzeichnet, dass sie mindestens eine Coldbox nach einem der Ansprüche 1 bis 10 enthält. 40

12. Verfahren für die Vor-Ort-Herstellung einer Coldbox nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass:

- die Coldbox (1) in Form eines Pakets vorgefertigt wird, welches annähernd die gesamte Tieftemperaturanordnung (2) und das Hauptteil (20) des Außenmantels (3) umfasst, wobei einige Zusatzteile (21) davon zumindest teilweise fehlen, 45
- das Paket transportiert wird,
- die Tieftemperaturanordnung (2) wie erforderlich fertiggestellt wird,
- der Außenmantel (20) unter Verwendung seiner zumindest teilweise fehlenden Zusatzteile (21) fertiggestellt wird, und
- jeder Wärmeisolator (4) zwischen dem Außenmantel (3) und der Tieftemperaturanordnung (2) eingefüllt wird. 50

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Transport des Pakets der Außenmantel (3) mit Abdeckplatten (30) an den Stellen der mindestens teilweise fehlenden Zusatzteile (21) versehen wird, und dass diese Abdeckplatten (30) nach dem Transport und bevor der Außenmantel mit Hilfe von dessen zumindest teilweise fehlenden Zusatzteilen (21) fertiggestellt wird, entfernt werden. 55

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

60

65

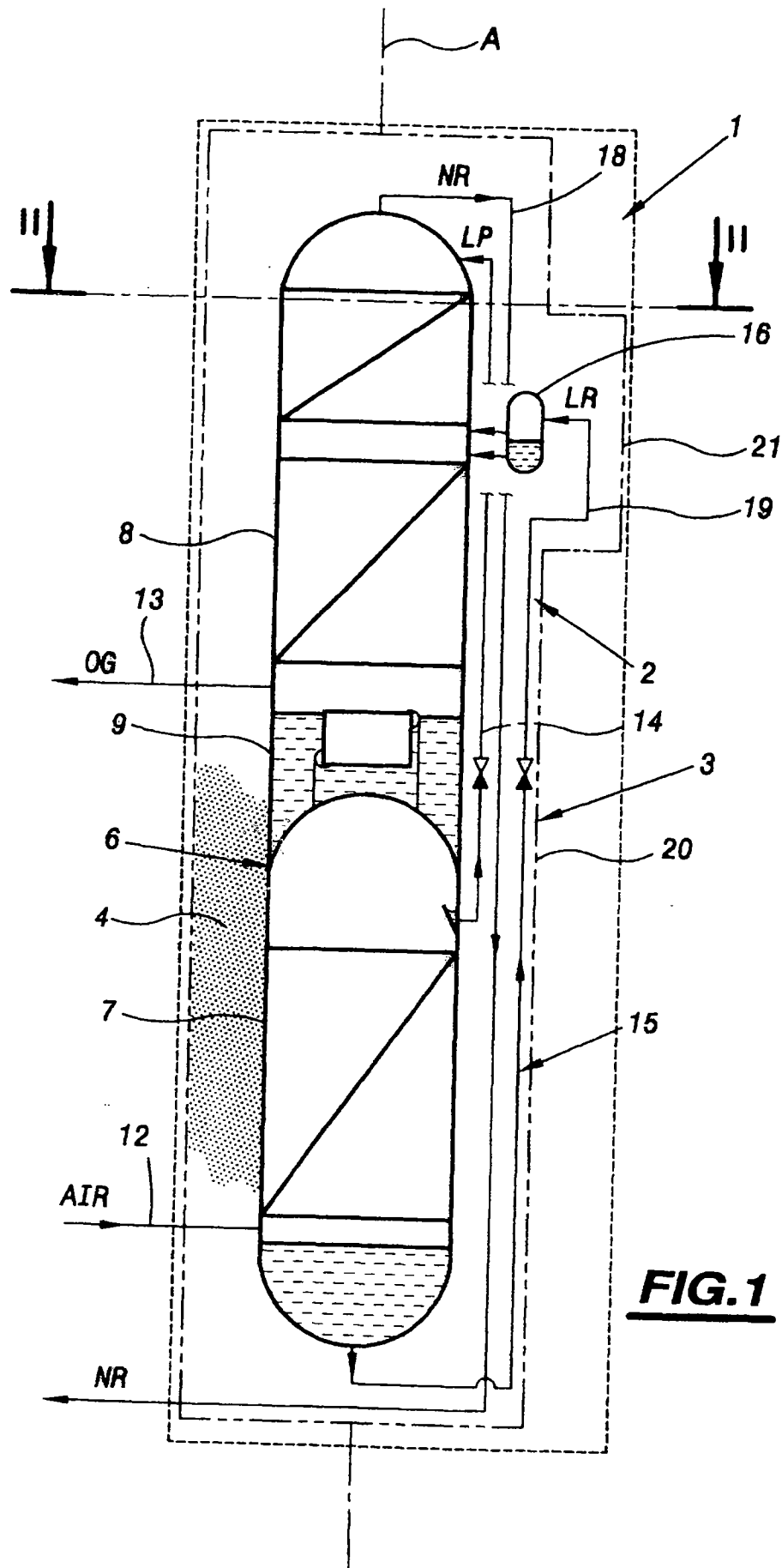


FIG.1

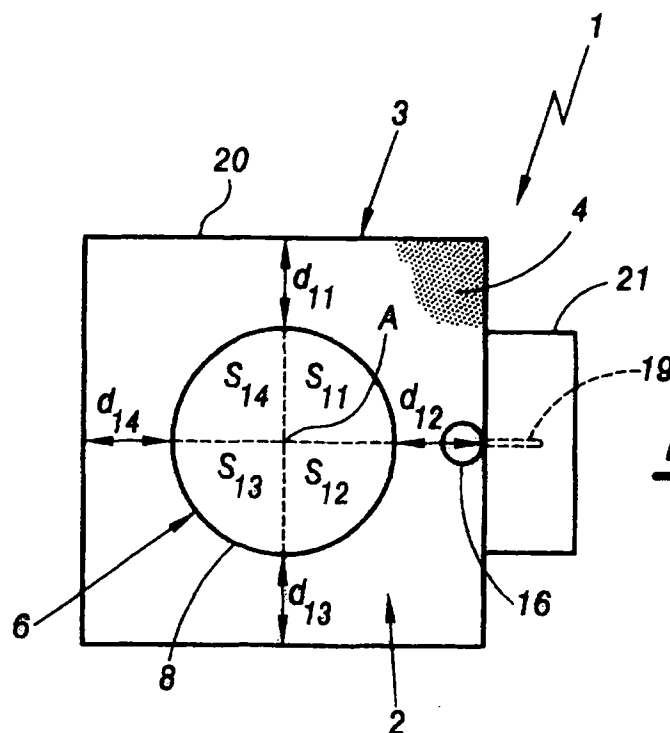


FIG. 2

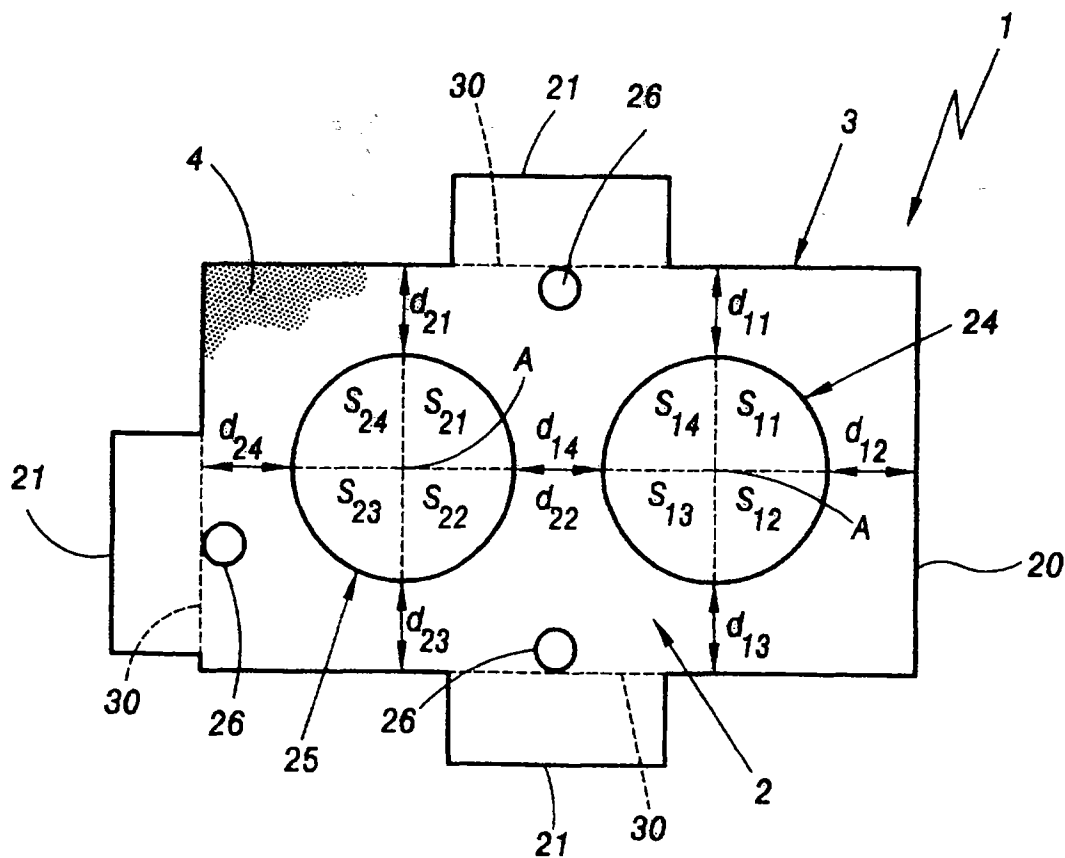


FIG. 3

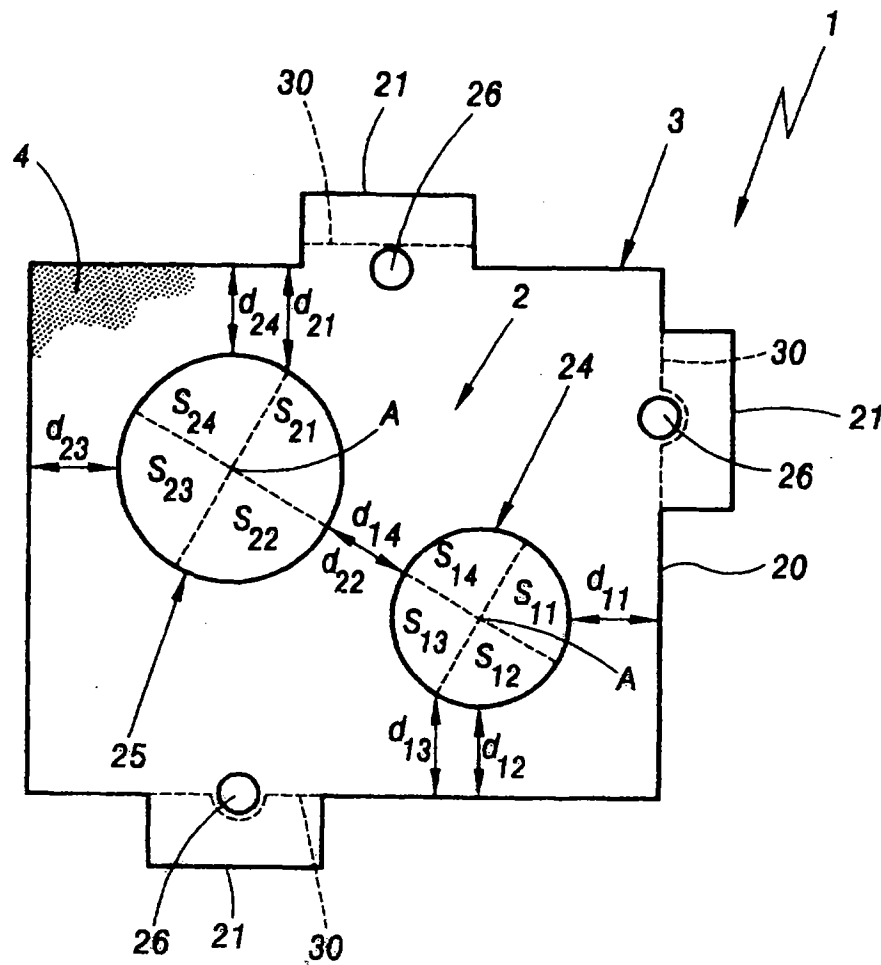


FIG. 4